

MARSEILLE CONFLUENT DE L'ASTRONOMIE ARABE, JUIVE ET CHRÉTIENNE

L'Occident avait déjà une religion : le christianisme, il avait une littérature, il avait un système juridique : le droit romain, il lui fallait une explication du système du monde, une physique et une astronomie, ce sont les savants arabes qui l'apportèrent. Au XI^e siècle la langue arabe était devenue celle de la science. L'Espagne avec Cordoue et Tolède était devenue le centre de la civilisation et jouissait d'un haut développement scientifique ; la bibliothèque de Cordoue renfermait 600 000 livres. Les savants perses et arabes, Avicenne (980-1037) et Averroès (1126-1198), faisaient découvrir à l'Occident chrétien la philosophie d'Aristote, son rationalisme empiriste, sa logique et son orientation naturaliste¹. Alors que la science grecque était souvent restée abstraite, les savants arabes comme Alhazen et Averroès développèrent les sciences d'observation, la médecine et les sciences du calcul : algèbre, trigonométrie et astronomie².

En astronomie, les savants arabes avaient inventé l'astrolabe, ce merveilleux instrument de visée qui permet de mesurer les positions des planètes et des étoiles. On verra naître aussi l'alidade (al-Hidad, le numérateur : règle de visée sur un cercle gradué), le quadrant et l'arbastrille qui servent à la navigation, à l'astronomie et à l'arpentage. Le célèbre médecin et philosophe

1. Jacques CHEVALIER, *Histoire de la Pensée, La pensée chrétienne*, Paris, 1955, p. 255.

2. Paul BENOIT et Françoise MICHEAU, « L'intermédiaire arabe ? » in Michel SERRES, *Éléments d'histoire des sciences*, Paris, 1989.

de Cordoue, Averroès, était aussi astronome. Il avait écrit en langue arabe un abrégé du fameux *Almageste* (140 ap. J.C.) oeuvre de l'astronome grec Ptolémée. Cette description géométrique permettait de prévoir le mouvement des sept planètes. A cette époque on connaissait Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne. On comptait aussi comme planètes le Soleil et la Lune dont la position varie rapidement dans le ciel (astres errants). Cela faisait sept planètes (le nom des sept jours de la semaine) se mouvant sur sept sphères centrées sur la Terre selon le système de Ptolémée.

Tolède était le centre intellectuel mondial de cette époque. Les scientifiques arabes, juifs et chrétiens y vivaient en paix, même après la prise de Tolède en 1085 qui marque le début de la Reconquête. Les échanges d'idées y étaient très féconds. Un astronome de l'Islam, Al Zarkali ou Arzachel (1029-1089), dit l'Andalou, effectua alors à Tolède un très grand nombre de relevés de position des planètes et des étoiles fixes qu'il regroupa sous le nom de *Tables de Tolède*³. Ces tables numériques donnaient les positions des astres avec une précision meilleure que celle des astronomes grecs. Il mesura l'obliquité de l'écliptique, angle des saisons, à $23^{\circ}33'30''$ ce qui correspond à une minute d'arc près à la valeur qu'elle avait à cette époque⁴. Ceci nous prouve que, si les astronomes arabes avaient peu ajouté aux théories des Grecs, ils savaient du moins observer avec une meilleure précision, aussi bonne que celle de Pythéas.

Raymond de Marseille établit les Tables de Marseille

Dans ce contexte, favorable à l'échange de connaissances, nos savants du Languedoc et de Provence étaient en relation avec leurs voisins immédiats, les savants arabes, almoravides et almohades qui avaient conquis l'Andalousie et la péninsule ibérique. Il faut aussi prendre en compte la science rabbinique au sein des nombreuses communautés juives établies à Marseille, Lunel, Arles, Avignon, Montpellier et Narbonne.

Comme nous l'apprend un manuscrit de l'abbaye de Saint-Victor, l'astronome Raymond de Marseille⁵ écrivit en latin un *Traité d'astronomie*, un *Traité de l'astrolabe*⁶, et même un traité du cours des planètes, *Liber cursum planetarum*⁷, en 1140. Son approche scientifique, comme celle

3. Pierre DUHEM, *Le système du monde de Platon à Copernic*, Paris, 1913, t. II, p. 180 ; t. III, p. 201, 287, 499, 524 ; t. IV, p. 38 ; t. V, p. 201.

4. Jean Baptiste DELAMBRE, *Histoire de l'astronomie du moyen âge*, Paris, 1819, p. 175.

5. Emmanuel POULLE, « Les instruments astronomiques de l'Occident latin », *Cahiers de civilisation médiévale*, 1972.

d'Arzachel, était nouvelle. Il reprochait à Ptolémée de discourir sur le mouvement des planètes en parlant d'épicycles, d'excentrique ou de déférent, plutôt que d'en donner une position précise dans le ciel. Les astronomes grecs imaginaient en effet que les planètes décrivaient leur trajectoire en prenant un mouvement de tourbillon, comme en vrille. Cette hypothèse irréaliste des épicycles était une représentation mathématique leur permettant de prévoir la position des planètes dans le ciel à partir de la Terre qu'ils situaient au centre du monde. Notre concitoyen, pragmatique, détermina des tables numériques de coordonnées et en donna un mode d'emploi ou canon. Ces *Tables de Marseille* permettaient de prévoir, pour la longitude et latitude de Marseille, et selon le calendrier chrétien, la position des astres avec une précision de quelques minutes d'arc. Compétent et sûr de son savoir, Raymond de Marseille, en 1139, avait même lancé, contre ses détracteurs, adeptes de Ptolémée, un débat scientifique sur la localisation et le jour d'une conjonction de la planète Mars avec le Soleil. Il s'était même déclaré prêt à subir la peine capitale en cas d'erreur. Mais les événements lui donnèrent raison, la conjonction de Mars et du Soleil eut bien lieu à l'heure annoncée et dans la bonne constellation. En effet, Raymond de Marseille, fin observateur, connaissait la limite de précision de son astrolabe et avait observé une lente évolution de la position des étoiles au cours des siècles, c'était la précession des équinoxes découverte par Hipparque. Il en avait conclu que l'astronome de profession a l'obligation d'effectuer de continuelles retouches de ses *Tables* s'il veut atteindre la précision absolue. « Nous n'avons pas épargné nos sueurs à ce labeur » disait-il.

Ces *Tables de Marseille* furent les premières à introduire, pour l'occident latin, le mouvement de l'apogée solaire qu'Arzachel venait de découvrir à Tolède en 1061. Hipparque, nous l'avons dit, avait montré la précession des équinoxes, ce lent décalage (50 secondes d'arc par an) des étoiles d'occident en orient ; c'est en fait l'axe de la Terre qui bascule lentement, comme une toupie, au cours des siècles. Al Fergani et Al Battani les astronomes de Bagdad s'étaient aperçus au IX^e siècle que les astres errants (les planètes et le Soleil) subissaient aussi ce lent glissement dans le ciel ; la raison est la même, le basculement de l'axe de la Terre. Le mouvement de l'apogée solaire découvert par Arzachel, et dont nous parle Raymond de Marseille, est un phénomène différent qui ne concerne que la position du Soleil. Hipparque, et les astronomes grecs qui ignoraient évidemment les lois que Kepler découvrira dix-huit siècles plus tard, s'était déjà aperçu que le Soleil au cours de l'année ne se déplaçait pas régulièrement dans les constellations du zodiaque, et il avait mesuré cette inégalité de la durée des saisons :

6. Paul AMARGIER, « Un cosmographe marseillais du XII^e siècle », *Marseille*, 1992, n° 163, et *Marseille au Moyen Age*, Marseille, 1996.

93 jours pour le printemps, 93 jours pour l'été, 90 jours pour l'automne, 89 jours pour l'hiver. Hipparque expliquait cette inégalité de la durée des saisons par sa théorie de l'épicycle aussi bien que par celle de l'excentrique. A partir de ces quatre durées, il avait trouvé la direction de l'apogée du Soleil vers une constellation du zodiaque mais il croyait que cette direction était immuable au cours des siècles. C'est l'astronome arabe Arzachel qui le premier s'aperçut que la direction de l'apogée solaire (le grand axe de l'ellipse que parcourt la Terre autour du Soleil) se déplaçait très lentement de 12 secondes d'arc par an, d'occident en orient comme pour la précession des équinoxes. Raymond de Marseille transcrit ce phénomène pour l'occident latin. On dit aujourd'hui que le périhélie du soleil précède par rapport aux étoiles fixes ; ce phénomène observé par le lent décalage des saisons (année tropique) est dû à l'influence des grosses planètes sur l'orbite de la Terre.

C'est Raymond de Marseille qui le premier établit la longitude de Marseille. Il mesura une différence de longitude de 1 heure et 1/10 entre Marseille et Tolède, elle-même située selon Arzachel à 3 heures de longitude d'Arin, « cette cité construite au milieu du monde en Mésopotamie » et qui était alors le méridien origine. Cette mesure ramenait à sa juste valeur la longueur du bassin méditerranéen qui avait été sur-évalué de 50% par Ptolémée.⁷

Guillaume l'Anglais, citoyen de Marseille

Guillaume l'Anglais était également astronome et médecin. C'était un observateur pragmatique comme Raymond de Marseille, mais il sut faire oeuvre d'enseignant et d'auteur. Il eut ainsi plus d'influence sur les connaissances astronomiques de l'Occident latin. Il écrivit, en 1231, deux traités d'astronomie, *De stellis fixis* et *Astrologia*, qu'il signa Willelmus Marsiliensis, Guillaume de Marseille et même Guillaume citoyen de Marseille. Son premier ouvrage, « des étoiles fixes », est une remise à jour des tables et des connaissances astronomiques d'Arzachel de Tolède. L'autre l'« Astrologie », est un premier abrégé latin de l'*Almageste* de Ptolémée, indépendant de la version de Gérard de Crémone, 1175 ; il abrège la théorie des épicycles des astronomes grecs mais enrichit la théorie des planètes des excellentes observations des astronomes arabes de Bagdad, Al Fergani et Al Battani, et de Tolède, Arzachel.

Cette vaste famille des Anglais compta cinq médecins et astronomes qui enseignèrent à Marseille et à l'université de Montpellier. Robert

7. Louis SEDILLOT, *Histoire des Arabes*, Paris, 1854, p. 381.

l'Anglais, cousin de Maître Guillaume, inventa à Montpellier de nouveaux instruments d'observation pour l'astronomie et la navigation, il imagina notamment un cadran solaire portatif pour connaître l'heure. Son *Traité du quadrant*, 1276, eut une vogue extraordinaire et fut traduit en grec, en hébreu et en allemand.

Jacob ben Makir ibn Tibbon invente le quadrant nouveau

Jacob ben Makir⁸, connu sous le nom latin de *Profatius*, est né à Marseille en 1236. Il faisait partie de la grande famille juive des Tibbonides venue d'Espagne et implantée à Lunel, Marseille, Arles et Montpellier. Cette grande famille de scientifiques se rendit célèbre en traduisant de nombreux textes écrits en arabe. Ils traduisaient bien sûr directement de l'arabe à l'hébreu, mais aussi de l'arabe en latin. L'opération s'effectuait alors en deux temps avec un astronome juif qui ignorait la langue latine et un astronome chrétien qui ignorait la langue arabe. Le scientifique juif traduisait de vive voix le texte arabe en occitan et le relais était pris en langue latine. Cette méthode de traduction littérale, mot à mot, était source de nombreuses erreurs et les textes des astronomes grecs devenaient vite un charabia incompréhensible; il fallait alors l'intervention d'un astronome pour comprendre de quoi il s'agissait, en fait ce savant ré-inventait l'astronomie grecque. Ainsi, en 1263, fut traduit le *Traité de l'astrolabe* d'Arzachel : le rabbin Jacob ben Makir, dont le nom provençal était Don Prophet Tibbon, dictait en occitan ce texte à Jean de Brescia, l'astronome chrétien, qui l'écrivait en latin.

Au point de vue scientifique Jacob ben Makir se situa d'emblée dans la tradition des astronomes marseillais : observations régulières du ciel et invention de nouveaux instruments. Il observe le ciel et regroupe ses observations dans son *Almanach perpetuum Profatii* qui permet de connaître la position des planètes et de prévoir les éclipses de soleil et de lune. Il perfectionne les moyens d'observation et imagine un quadrant nouveau⁹ qui remplace l'astrolabe d'emploi fastidieux et limité à une seule latitude. Ce quadrant ouvrait de nouvelles facilités pour la visée des astres et de l'horizon. Il sera vite adopté par les navigateurs portugais et les astronomes l'utiliseront jusqu'au XIX^e siècle. En 1301 Jacob ben Makir traduit d'hébreu en latin son *Traité du quadrant nouveau*.

8. Ernest RENAN, *Histoire littéraire de la France*, t. 27, Communautés Juives du midi, 1877.

9. Michel TIBON-CORNILLOT, « Une famille juive en Provence et Languedoc : les Tibonides », dans *Amiras, Repères* n° 7, Aix-en-Provence, 1984.

Les astronomes par qui le scandale arrive

Les astronomes remettent cependant en cause l'organisation du monde : ils prévoient les événements, ils attribuent la providence aux astres, l'éternité au monde dont ils nient la création et expliquent tout d'après des lois naturelles. Sur la fin de sa vie, Jacob ben Makir expliquant sa vision du monde, heurta ses collègues religieux qui considéraient que toute cette physique issue d'Aristote et d'Averroès était contraire à la Thora et qu'elle présentait une limitation au pouvoir divin. Un désaccord s'éleva entre les astronomes juifs (averroïstes) et les talmudistes.

Le conflit entre religieux et scientifiques s'était mieux passé au sein de la communauté arabe et même au sein de la communauté chrétienne, grâce à l'extrême habileté de saint Thomas d'Aquin, le Docteur Angélique, mais il y rebondira spectaculairement trois siècles plus tard avec l'affaire Galilée. En fait, dès le XII^e siècle, pour les trois religions monothéistes, le difficile équilibre entre la foi et la raison était rompu. Les droits de la raison s'opposaient à ceux de la foi, aux textes révélés et aux arguments d'autorité.

Lévi ben Gerson invente l'arbalestrille...

La relève astronomique dans notre région fut assurée par Lévi ben Gerson¹⁰, né en Arles en 1288. Il fut lui aussi un très grand médecin. A ce titre, et à celui d'astronome, il était admis en Avignon à la cour des papes qui appréciaient sa science et profitaient de ses talents médicaux ; ils lui apportèrent protection en ce temps où Philippe le Bel avait expulsé les Juifs de France. Mais les astronomes de ce siècle avaient toujours gardé la vision du monde de Ptolémée, avec des planètes se mouvant autour de la Terre sur des sphères concentriques plus ou moins éloignées (sept niveaux pour les sept planètes et le huitième pour les étoiles fixes). Le débat astronomique était très confus et Lévi ben Gerson n'y ajouta rien de positif.

Les progrès ne pouvaient venir que d'une meilleure observation du ciel. Lévi ben Gerson y contribua en inventant l'arbalestrille (ou bâton de Jacob)¹¹ un instrument très pratique pour déterminer la distance angulaire des astres entre eux et par rapport à l'horizon. Cette arbalestrille, arbaleste, qui permit de nombreuses découvertes géographiques est un peu

10. Bernard GOLDSTEIN, « Astronomy of Levi ben Gerson », *Proc. Israel Acad. Sciences*, 3, 239, 1969.

11. René TATON, *La science antique et médiévale*, t 1, p. 613, Paris, 1957.

l'ancêtre du sextant. Elle fut très utile aux navigateurs portugais. Le pilote arabe de Vasco de Gama (1469-1524) utilisera cette *balestilha* pour faire le point en mer lors de la découverte de la route des Indes par le cap de Bonne-Espérance.

...et utilise la chambre noire, premier appareil photo et ancêtre du télescope

Lévi ben Gerson eut alors l'idée d'associer son arbalétrille à la chambre noire que venait d'inventer Roger Bacon (1214-1294), le Docteur Admirable, un franciscain britannique. Un petit trou percé à l'entrée de la chambre noire donne à la sortie une image que l'on peut observer sur un écran blanc si un rideau noir (d'où le nom de chambre noire) arrête les autres sources de lumière parasite. On observe ainsi une image du soleil avec son contour circulaire bien net, même si le trou d'entrée de la chambre noire est de forme irrégulière, mais à condition qu'il reste très petit. Chez vous, dans votre salle de séjour, à travers un quelconque trou dans vos volets vous pouvez vous-même recueillir l'image du soleil sur un papier blanc et voir les fameuses taches solaires. La chambre noire donne une image, comme un objectif photographique. Léonard de Vinci l'utilisera pour restituer scrupuleusement la perspective des paysages.

Lévi ben Gerson fut le premier à bien comprendre que, plus on augmentait le diamètre du trou d'entrée de la chambre noire, plus on affaissait les contours de l'image projetée ; aujourd'hui on appelle cet effet « fonction d'appareil ». Lors des éclipses de soleil il ne comparait donc le diamètre du soleil à celui de la lune qu'après avoir soustrait à chacune des images le diamètre du trou d'entrée de la chambre noire. Lévi ben Gerson observa au cours de sa vie quatre éclipses de soleil et six éclipses de lune ce qui est unique au Moyen-âge¹⁰. Il mesura les variations du diamètre apparent du Soleil et de la Lune causées par les variations de leur distance et exploita ce résultat en considérant que leurs orbites devaient être excentriques. Il faudra encore trois siècles pour comprendre que les planètes décrivent des ellipses autour du soleil. Pour cela Kepler (1571-1630), à Prague, utilisera d'ailleurs certaines données et tables de Lévi ben Gerson, preuve que l'astronomie est une science nécessitant souvent une longue accumulation d'observations.

La chambre noire : taches solaires ! ou passage de Mercure sur le Soleil !

Averroès, célèbre médecin de Cordoue au XII^e siècle raconte qu'il avait prévu une conjonction de Mercure avec le Soleil et qu'il avait observé

une ombre sur le Soleil à ce moment là¹². Mais l'observation d'un passage de la planète Mercure devant le Soleil est très difficile, Averroès avait sans doute observé sans le savoir une tache solaire plus facile à voir¹³. L'existence des taches solaires n'était pas alors connue, elles ne furent détectées qu'en 1611 par Fabricius avec une chambre noire, et cette découverte allait contribuer à renverser un des principes fondamentaux de l'astronomie péripatéticienne – le principe de l'incorruptibilité des cieux – le soleil présentait des imperfections.

Pour l'observation plus difficile des passages de Mercure et de Vénus devant le soleil il faudra attendre Kepler, le célèbre astronome du Saint-Empire romain germanique, et l'astronome provençal Pierre Gassendi qui, indépendamment rendront la chambre noire plus performante et opérationnelle en lui adjoignant une lunette. Il faudra aussi attendre que Kepler, avec ses fameuses lois des aires, fasse une prévision plus précise de l'instant du passage de la planète devant le Soleil, événement que notre concitoyen Gassendi sera le premier à saisir. « Observation la plus belle depuis des siècles », nous dit Peiresc son maître et ami.

L'occitan, langue scientifique

L'astronomie faisait alors partie du *quadrivium*, le deuxième cycle des études et cet enseignement était largement développé en Provence. Rabbi Emmanuel, né à Tarascon, avait établi des tables astronomiques « *Aisles d'Aigle* » qui donnaient avec assez de précision et sur plusieurs siècles les dates des futures éclipses de Lune et de Soleil. La ville d'Arles avait même été choisie alors comme origine des longitudes, preuve de cette activité astronomique. On en retrouve d'autres traces en Arles, dans le traité d'arpentage de Boyssset, écrit en langue d'oc. Dans ce traité¹⁴, le seul traité d'arpentage connu du XIV^e siècle, on trouve une explication du firmament, du cours des étoiles et des planètes. L'auteur, s'adressant à ses élèves, nous offre d'ailleurs une belle définition de l'astronomie : « Veuillez donc bien le noter, l'apprendre et l'entendre, car cette science n'est pas seulement subtile, mais vraiment très subtile, plus que subtile ; tu devras donc t'en approcher avec plus de pénétration que de toute autre science.... » L'extrait suivant, en

12. Jean MONTUCLA, *Histoire des Mathématiques*, Paris, 1758, t. 1, p. 353 et p. 433.

13. François ARAGO, *Astronomie Populaire*, Paris, 1857, t. 1 p. 170, t.2 p. 106.

14. Magdeleine MOTTE, *Traité d'arpentage de Bertran Boyssset*, communication privée, Toulon, 1992.

occitan, donne le niveau des connaissances astronomiques de cet arpenteur du XIV^e siècle :

« Item, quant Saturnus, que es lo sobeiran de totas... e va per tots los .xij. signes en .ij. ans e .xiiij. jorns, e sapias que al la fin d'aquel temps non reven el pas al luoc ni al ponch meseme d'ont permieramens es mogut, an retorna a l'autre senhal apres hont el recomensa sa via e son cors et en aysins fa totjorn entro a .xxx. ans. Adoncas reven el al ponch meseme d'on el s'era mogut al permier jorn del permier an e reffa son cors coma davant. »

Traduction : De Saturne, supérieur à toutes les planètes, qui se déplace à travers les 12 Signes en 2 ans et 13 jours, sache qu'à la fin de cette période, il ne revient pas au point même qu'il avait quitté le premier jour de la première année, mais qu'il est de retour au signe suivant, où il recommence son cours ; et il en est toujours ainsi jusqu'à ce que soient écoulés 30 ans. Il revient alors au point même qu'il avait quitté le premier jour de la première année, et refait le même cours.

Le Languedoc et la Provence ne seront pas non plus absents de la renaissance de l'astronomie qui s'effectuera avec l'invention de la lunette astronomique. Dès 1305 Gordon puis Guy de Chauliac, professeurs de médecine à Montpellier, prescrivent aux vieillards atteints de presbytie des lunettes de vue, des besicles, qui viennent juste d'être inventées à Florence par Armati. Ces lunettes de vue, comme la chambre noire, sont une étape importante vers la lunette astronomique qu'inventeront en 1608 les opticiens-verriers hollandais Jean Lippershey et Jacques Metius. En 1610, l'année même où Galilée, avec sa lunette astronomique, découvre les satellites de Jupiter et les phases de Vénus, les astronomes de Provence sont les premiers à se joindre à cette nouvelle compétition : Peiresc découvre la nébuleuse d'Orion, première nébuleuse découverte dans le ciel, et Gaultier de la Valette détermine lui aussi la période de rotation des satellites de Jupiter que Galilée vient de baptiser satellites Médicéens en l'honneur des Médicis.

Yvon GEORGELIN